

УДК 621.3:697.94

**Р.Р. Абдалов, В.Ф. Сонич, А.В. Гришкова**

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЙ СПОСОБ УТИЛИЗАЦИИ СНЕГА**

Рассматривается метод утилизации снежной массы с возможностью использования снега для охлаждения компрессоров и последующим применением полученной воды для гидрообеспыливания. Описаны принятые решения по подбору оборудования. На основании выполненных расчетов сделаны выводы о целесообразности использования снежной массы для перечисленных процессов.

**Ключевые слова:** утилизация снега, охлаждение компрессоров, гидрообеспыливание, рекуперация, очистка воды.

Каждый год в России в зимний период выпадает значительное количество осадков в виде снега, который впоследствии убирается с городских улиц и транспортируется к снегоплавильням либо складировается на определенных территориях, предназначенных для его естественного таяния. Традиционные способы утилизации связаны со значительными денежными затратами и не предусматривают какого-либо использования снега в качестве естественного источника холода. В связи с этим возникает необходимость поиска альтернативных путей решения проблемы. Предлагается одно из таких решений с транспортировкой снега к производственным помещениям и дальнейшим использованием его для снятия тепла от компрессоров [1]. В качестве одного из помещений выбран цех металлокерамического производства, где талая вода после предварительной очистки используется для гидрообеспыливания порошкового молибдена [2].

Предлагаемая схема представлена на рис. 1. На схеме представлены этапы обработки снега, а также смежные процессы, в том числе происходящие в контуре циркуляции воздуха.

1. Убранный с улиц снег доставляется на предприятие и загружается в приемный резервуар, в верхней плоскости которого установлен ряд решеток для удаления крупного мусора. Затем снег, предварительно измельченный с использованием специальной насадки, при помощи шнеков подается в пучок обретенных труб.

2. Растаявший в трубках снег в виде талой воды поступает на фильтры, где жидкость очищается до требуемого технического качества. После очистной установки вода подается на гидрообеспыливание порошкового молибдена. Высокодисперсная пыль образуется в местах пересыпок с транспортера на транспортер молибденового порошка. Благодаря применению гидрообеспыливания снижается нагрузка на циклоны и фильтры, которые устанавливаются после местных отсосов полного укрытия.

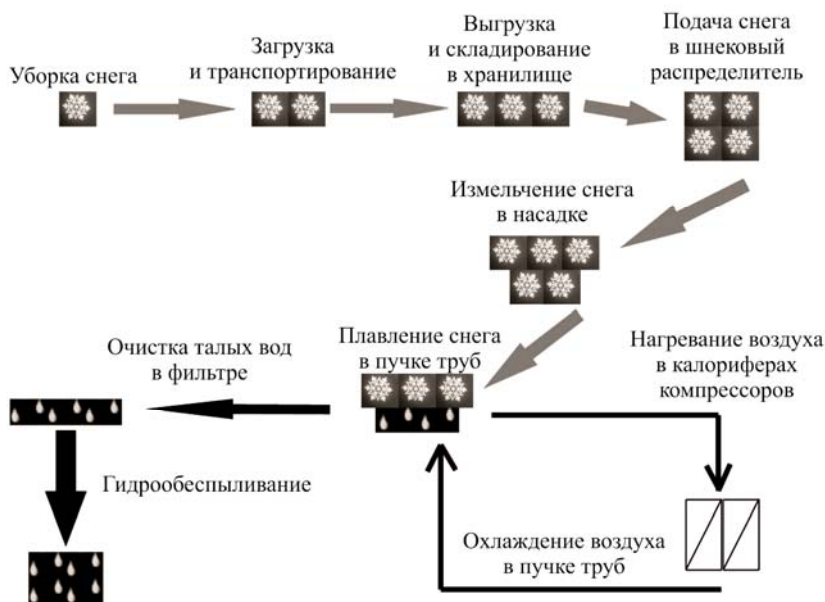


Рис. 1. Этапы обработки снега, талой воды и циркуляция воздуха

3. Циркулирующий в контуре воздух с температурой 40 °С проходит через пучок труб, в которые подается снег, и охлаждается до температуры 10 °С. Непосредственного контакта воздуха со снегом не происходит (рекуперативный теплообменник).

4. Затем охлажденный воздух проходит через ряд теплообменников – их число соответствует количеству компрессоров, с которых снимается тепло. В теплообменнике циркулирует горячее масло, температура которого на входе в калорифер составляет 90 °С, а на выходе – 70 °С. Соответственно, циркулирующий воздух нагревается с 10 до 40 °С. Таким образом, в винтовом воздушном компрессоре поддерживается средняя температура 80 °С. Затем процесс в контуре циркуляции повторяется.

5. Сжатый в винтовых компрессорах воздух поступает в цех металлокерамического производства для обеспечения работы пневматических прессов. Важную роль в работе компрессоров играет масло; выполняет три основные задачи:

- работает как охлаждающая жидкость, поглощая тепло от трения роторов и сжатия воздуха;

- уплотняет зазоры между роторами и корпусом;

- смазывает подшипники роторов.

Из расчета системы гидрообеспыливания [3] получен общий расход воды на смачивание материала –  $4 \text{ кг/с} = 14\,400 \text{ л/ч}$ . Для ее распыления были приняты конусные форсунки КФ, располагаемые у очагов пылеобразования. Количество устанавливаемых форсунок в системе гидрообеспыливания составляет 60 шт.

По рассчитанному расходу воды на нужды гидрообеспыливания определено количество снега, необходимое для плавления:  $V_{\text{снег}} = 0,00444 \text{ м}^3/\text{с} = 0,2667 \text{ м}^3/\text{мин} = 16 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

В качестве рекуператоров для передачи тепла от воздуха к снегу используются спирально-навивные оребренные трубы из алюминия [4, 5]. Материал оребрения – лента из алюминия (А5М). Вдоль потока теплого воздуха трубки располагаются в шахматном порядке по 2 и 3 штуки в ряду. Ниже приведены основные параметры труб.

Длина трубы, м	1,5
Внутренний диаметр, мм	37
Наружный диаметр, мм	40
Внутренняя поверхность 1 метра погонной длины трубы, м <sup>2</sup>	0,107
Оребренная поверхность 1 метра погонной длины трубы, м <sup>2</sup>	2,754
Коэффициент оребрения φ	22
Высота ребра <i>h</i> , мм	10

Расчет охлаждающего пучка представляет собой сложное решение взаимосвязанных уравнений теплообмена [6], которые включают в себя переменные, зависящие друг от друга. При решении такой системы применялся метод последовательных приближений.

Для сжатия воздуха, используемого пневматическими прессами, подбирались маслозаполненные воздушные винтовые компрессоры [7]. Они оказались наиболее удобными для данной цели по причине того, что пневматический инструмент, как известно, требует наличия некоторого количества масла в сжатом воздухе для смазки трущихся деталей. Ниже представлены характеристики подобранных компрессоров.

Производительность компрессора на нагнетании $L_{\text{км}}^{\text{нагн}}$ , м <sup>3</sup> /мин	3. 3.83
Температура на нагнетании, °С	90
Давление нагнетания, атм	8,0
Производительность компрессора на всасывании, м <sup>3</sup> /мин	(25 ± 8)
Температура на всасывании, °С	20
Профиль зубьев винтов	эллиптический

Показатель политропы при условии сжатия до давления  $P_{\text{к}} = 8,35$  атм и температуры  $t_{\text{нагн}} = 90$  °С при температуре всасывания  $t_{\text{вс}} = 20$  °С составляет  $m_2 = 1,13$ . Для неохлаждаемого компрессора показатель политропы  $m_1 = 1,58$  [6, рис. 141]. Чтобы средний показатель политропы, подсчитанный по конечным параметрам, уменьшился с  $m_1 = 1,58$  до  $m_2 = 1,13$ , нужно отдать тепло маслу в количестве  $Q = 86\,700$  ккал/ч (от одного компрессора). При этом средняя температура масла в контуре составляет 80 °С.

Для каждого компрессора по рассчитанному тепловому потоку  $Q = 86\,700$  ккал/ч подобран калорифер КВС10-П [8]. Аэродинамическое сопротивление одного калорифера составляет 10,75 кгс/м<sup>2</sup>.

С учетом того что для плавления снега необходимо затратить количество тепла  $Q_{\text{пл}} = 117\,109,2$  ккал/ч, было получено число калориферов (а следовательно, и число компрессоров), равное 14.

Для очистки талой воды от взвешенных веществ и нефтепродуктов до норм ПДК на сброс в систему городской ливневой канализации, в водоемы или на рельеф местности подобрана очистная установка вертикального типа [9] (рис. 2). Основные характеристики очистной установки приведены ниже.

Производительность, м <sup>3</sup> /ч (л/с)	$L_{\text{км}}^{\text{нагн}} 3, 18 \cdot (5,0 \pm 0,2)$
Ориентировочная площадь водосбора, га	1,0
Диаметр блока очистки, м	2,0
Объем комбинированной загрузки, м <sup>3</sup>	5,2
Габаритные размеры (диаметр×ширина×высота), м	1800×2400×3000
Масса установки в сборе (без воды), в том числе загрузка, кг	1800
Масса установки в сборе (с водой), кг	1320
	7500

При этом установка предусматривает следующее:

1) подземное (заглубленное) размещение. Корпус выдерживает нагрузки от грунта при установке его на глубину до 3 м;

- 2) единый блок из высокопрочного полимера, исключаящий коррозию оборудования;
- 3) блок очистки и распределительная камера закрываются крышками, обеспечивающими соединение с атмосферой через дыхательный клапан (сапун);
- 4) работа в автономном режиме, не требующая постоянного присутствия персонала;
- 5) функционирование без потребления электроэнергии.

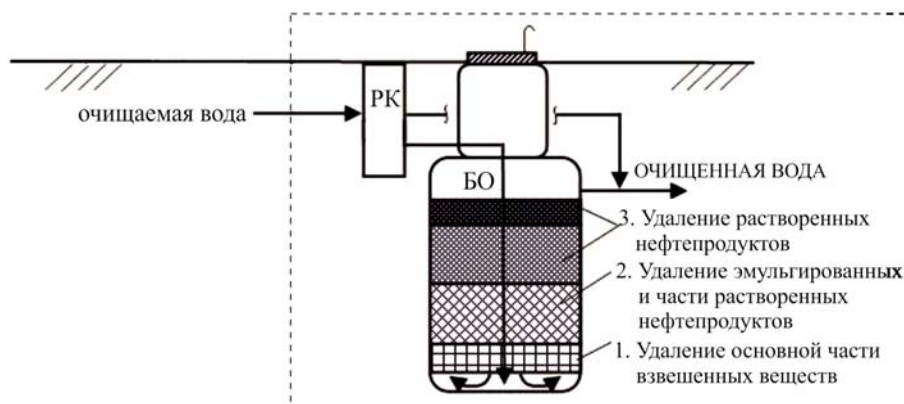


Рис. 2. Схема очистной установки

Предлагаемый метод утилизации снега может быть использован в качестве дополнения к основным методам переработки снежной массы. Это возможно благодаря выбору соответствующего оборудования, а также очистке талой воды до требуемого технического качества. В дальнейшем при усовершенствовании данной технологии утилизации снега метод может применяться в качестве высокоэффективного экологического мероприятия.

### Библиографический список

1. Черкасский В.М. Насосы, вентиляторы, компрессоры. – М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Калмыков А.В. Обеспыливание дробильных цехов. – М.: Недра, 1976.
3. Занин Е.Н. Проектирование санитарно-технического оборудования предприятий строительной индустрии. – Л.: Изд-во лит-ры по строительству, 1973.

4. ГОСТ 13726–97. Ленты из алюминия и алюминиевых сплавов. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1998.
5. Спирально-навивные КЛМ-трубы [Электронный ресурс]. – URL: <http://kvant-vrn.ru>.
6. Теплопередача / В.П. Исаченко [и др.]. – М.: Энергия, 1975.
7. Сакун И.А. Винтовые компрессоры. – Л.: Машиностроение, 1970.
8. Внутренние санитарно-технические устройства: Справочник проектировщика / под ред. И.Г. Староверова. – Ч. II. – М.: Стройиздат, 1978.
9. СП 32.13330.2012. Канализация. Наружные сети и сооружения. Актуализированная редакция СНиП 2.04.03–85 / Мин-во регион. развития Рос. Федерации. – М., 2012.

**R.R. Abdalov, V.F. Sonich, A.V. Grishkova**

## **ALTERNATIVE METHOD OF SNOW UTILIZATION**

The article discusses the method of disposal of the snow mass with the possibility of snow to cool the compressor and then applying the resulting water gidrodusting. Describes the selection equipment. Based on calculations made conclusions about the usefulness of the snow mass for these processes.

**Keywords:** snow utilization, cooling compressors, gidrodusting, recovery, water treatment.

### **Сведения об авторах**

**Абдалов Роман Рафаилович** – студент кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: [tgk-kafedra@yandex.ru](mailto:tgk-kafedra@yandex.ru)).

**Сонич Виктор Феликсович** – студент кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: [tgk-kafedra@yandex.ru](mailto:tgk-kafedra@yandex.ru)).

**Гришкова Алла Викторовна** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Теплогазоснабжение, вентиляция и водоснабжение, водоотведение» ФГБОУ ВПО ПНИПУ (e-mail: [alla-grishkova@yandex.ru](mailto:alla-grishkova@yandex.ru)).

### **About the authors**

**Abdalov Roman Rafailovich** (Perm, Russia) – student, Department of Heating, ventilation and water supply, sewerage, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: [tgk-kafedra@yandex.ru](mailto:tgk-kafedra@yandex.ru)).

**Sonich Viktor Feliksovich** (Perm, Russia) – student, Department of Heating, ventilation and water supply, sewerage, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: [tgk-kafedra@yandex.ru](mailto:tgk-kafedra@yandex.ru)).

**Grishkova Alla Viktorovna** (Perm, Russia) – Candidate of Technics, Associate Professor, Department of Heating, ventilation and water supply, sewerage, Perm National Research Polytechnic University (e-mail: [alla-grishkova@yandex.ru](mailto:alla-grishkova@yandex.ru)).

Получено 20.03.2013